Aus dem Zahnärztlichen Institut der Universität Tübingen.
Vorstand: Professor Dr. Peckert.

Studien zum Aufbau des Dentins an seinen äußeren Grenzen.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen.

Vorgelegt
von
Karl Graze
Zahnarzt
aus Endersbach.

1932

Gatzer & Hahn, Graphische Werkstätten, Schramberg (Württemberg)

Dekan: Prof. Dr. Haffner.

Berichterstatter: Prof. Dr. Wannenmacher.

Zum Druck genehmigt von der Medizinischen Fakultät Tübingen.

Seit der Entdeckung der Dentinkanälchen durch Leeuwenhoek im Jahre 1722 hat eine große Zahl von Histologen den feineren Bau des Zahnbeins zu ihrem Forschungsgebiet gemacht. Die Schwierigkeiten in der Behandlung der harten Zahnsubstanzen brachten es mit sich, daß über die Histogenese und den Bau des Dentins eine solche Menge von Theorien entstanden, wie wir sie kaum in einem Gebiet der Histologie wiederfinden. Im gleichen Schritt mit der Entwicklung der mikroskopischen und färberischen Technik entwickelte sich auch die Kenntnis vom feineren Bau des Zahnbeins zu dem heutigen hohen Stande. Wenn auch in einzelnen Punkten noch nicht volle Uebereinstimmung erzielt werden konnte, so scheinen doch in den letzten Jahren, hauptsächlich unter dem Einfluß der Veröffentlichungen von Meyer, Hanazawa, Weidenreich u. a., die größten Gegensätze zwischen den einzelnen Theorien ausgeglichen zu sein.

Die folgenden Ausführungen beschäftigen sich im wesentlichen mit Untersuchungen an der Schmelzdentin- und Zementdentingrenze, und zwar mit den Endigungen der Dentinkanälchen. Weiter wird die Frage über den Ursprung des festonierten Randes der Schmelzdentingrenze erörtert.

Wie schon gesagt, war Leeuwenhoek der Entdecker der Zahnbeinkanälchen, d. h., er stellte fest, daß das Dentin von ungeheuer vielen feinsten Linien durchzogen wird, ohne deren röhrchenförmigen Charakter zu erkennen. Seine Zeit scheint dieser Tatsache wenig Interesse entgegengebracht zu haben, denn die Erkenntnis geriet in Vergessenheit, bis sie nach über 100 Jahren wieder auftauchte.

Unter den Männern, die sich um das Jahr 1835 mit der Histologie des Dentins befaßten, finden wir u. a. die Namen Müller, Retzius, Fraenkel und Purkinje. Die erste große Arbeit stammt von Tomes, dann folgen Czermak, Kölliker, Neumann, Waldeyer, Hoehl, Röse, Römer, Walkhoff, Fleischmann, v. Korff, Kantorowicz als bedeutendste Autoren auf diesem Gebiet bis in den Anfang dieses Jahrhunderts. Neuerdings waren die Arbeiten der oben Genannten: Meyer, Hanazawa u. a. bemerkenswert.

Während in der ersten Zeit die Dentinkanälchen als verkalkte Fasern beschrieben wurden, brach sich allmählich die Er-

kenntnis Bahn, daß es sich um Röhrchen handelt, deren Inhalt man allerdings zuerst für flüssig hielt. J. Tomes entdeckte dann den Zusammenhang des Kanalinhalts mit den Odontoplasten. Mit den Veröffentlichungen Neumanns trat eine neue Streitfrage auf, die die Entstehung von drei verschiedenen Theorien über das Wesen der Neumann'schen Scheide zur Folge hatte. Römer, Walkhoff, Fleischmann, Kantorowicz, Hanazawa und Meyer müssen in Verbindung mit diesem Thema in erster Linie genannt werden. Erst auf die Arbeit von Meyer hin scheint der lange Streit zur Ruhe gekommen zu sein.

Die faserige Struktur und Entwicklung des Dentins, erstmals durch v. Ebner erkannt, bildete ebenfalls einen heftig umstrittenen Punkt. Das letze Wort blieb hier hauptsächlich Walkhoff, Kantorowicz und Weidenreich vorbehalten. Die Nervenfrage und die Frage der Lymphbewegung scheint, wenn auch noch nicht allgemein anerkannt, schon zu einer befriedigenden Lösung gelangt zu sein. (Tojoda, Mummerey, Dependorf, Dieck, Fish, u. a.).

Was nun den einen Teil der vorliegenden Arbeit, nämlich die Art der Endigung der Dentinkanälchen an der Schmelz- und Zementgrenze anbetrifft, so war darüber in der Literatur der letzten Jahre nichts Zusammenfassendes zu finden. Man begnügte sich in den anatomischen und histologischen Lehrbüchern im allgemeinen mit der Beschreibung der früheren Befunde. Ueber den Verlauf der Schmelzdentingrenze, nämlich deren wellenförmige Begrenzung, sind in den letzten Jahren einige größere Arbeiten erschienen, doch ist über diesen Punkt bisher noch keine Einigung erzielt worden.

Die erste, mir zugängliche, Arbeit über das Gebiet der Dentinhistologie, die die Endigungen der Zahnbeinkanälchen behandelt, stammt von Kölliker. Dieser konnte schon die Wahrnehmung machen, daß die Kanälchen in den Wurzeln sich in feine Verästelungen auflösen, während die Enden im Kronenteil als gabelige Teilungen in Erscheinung treten. Letztere treten meist in spärlicher Anzahl auf, während im Wurzelgebiet zahlreiche Seitenzweige, die sich oft selbst wieder aufteilen, zu beobachten sind, so daß bald das Bild einer Feder, bald das eines Pinsels entsteht. Die Aestchen können schließlich so fein werden, daß sie sich dem Blicke entziehen. Wo sie noch sichtbar sind, verlieren sie sich in der Tome'schen Körnerschicht, oder sie treten

in den Schmelz oder ins Zement über, oder endlich, sie hängen schlingenförmig mit benachbarten Aestchen zusammen.

Waldeyer scheint kein Unterschied zwischen den Kanalendigungen aufgefallen zu sein. Ueber die Art, wie die Kanälchen endgültig ihren Verlauf abschließen, weiß er auch nichts positives auszusagen.

Dagegen stellt Toldt fest, daß im Bereich der Wurzel die feinen Verzweigungen, im Kronenteil die dichotomischen Teilungen vorherrschen.

Die reichere Verästelung in der Wurzel erklärt Lepkowsky durch den geringeren Gehalt an anorganischen Bestandteilen. Wie er zu der Ueberzeugung kommt, daß das Dentin der Wurzel weniger anorganische Bestandteile enthält als das übrige, verrät er allerdings nicht. Die Tome'sche Körnerschicht kann er damit nicht gemeint haben, denn er schreibt weiter unten, daß nach seinen Beobachtungen die Dentinkanälchen in die Körnerschicht einmünden, woraus er schließt, daß diese einfach durch Erweiterung von Kanälchen zustande kommt. Die Feststellung von Anastomosen zwischen Verzweigungen gelang ihm nicht.

Eine grundsätzliche Unterscheidung nimmt Hoehl vor. Er stellt zwei Arten von Zahnbeinkanälchen fest: Riesen- und Zwergkanälchen. Die ersteren zeichnen sich durch große Kaliberstärke und üppige Entwicklung der Seitenzweige, letztere durch geringen Durchmesser und wenige Verästelungen aus. Das periphere Drittel der Dentinkanälchen ist durch den Reichtum an Verästelungen und Teilungen gekennzeichnet. Die Teilungen rufen eine Verminderung des Durchmessers des Hauptstammes hervor, die Verästelungen nicht. Anastomosen kommen zwischen den Teilungen und zwischen den Verästelungen vor. Je näher die Verzweigungen der Peripherie sind, desto spitzer wird der Winkel, den sie mit dem Hauptstamm bilden. Eine Sonderstellung nimmt das periphere Drittel insofern ein, als hier außer der Verästelungsart auch die Endigungsweise und die Region des Zahnes in Betracht kommt. In den tieferen Schichten des Kronenteils überwiegen die feinen Aeste, in den oberflächlichen treffen wir dichotomische Teilungen. Die so entstandenen Teilkanäle enden mit einer knopfförmigen Verdickung oder gehen in den Schmelz über. Der vom Zement bedeckte Zahnabschnitt besitzt in seinem peripheren Dentindrittel die reichste Ausbildung der Verzweigungen im ganzen Zahn, während die Teilungen zu den Seltenheiten gehören. Anastomosen

kommen hier häufig vor, hauptsächlich direkt unter der Tome'schen Körnerschicht. In letzterer verlieren sich die Kanälchen.

Walkhoff beschreibt in den Wurzeln bäumchenförmige Aufteilung, im Kronenteil einfache Gabelung. An der Schmelzdentingrenze erscheinen die Kanälchen scharf abgeschnitten, einige setzen sich in den Schmelz hinein fort. Außerdem konnte Walkhoff an der Schmelzdentingrenze Kanälchen sehen, die sich umbogen und in ausgeprägten Fällen geradezu rückwärts verliefen. Die Kanälchen anastomosieren nicht mit dem Zement. Durch kleine Interglobularräume an der Dentinzementgrenze, in die Dentinkanälchen einmünden, können solche Uebergänge von Kanälchen und Knochenkörperchen des Zements vorgetäuscht werden.

Auch v. Ebner beschreibt die Verschiedenheit der Kanälchenendigungen im Kronen- und Wurzelteil. Er unterscheidet an der Wurzel die seltenen Fälle, wo die Tome'sche Körnerschicht fehlt, von denen, wo sie vorhanden ist. Das Verhalten der Endigungen ist also von der Ausbildung der Körnerschicht abhängig. Im ersteren Falle beobachtet er unter dem glatt anliegenden Zement eine fast homogen aussehende Zahnbeinlage, in welcher sich die letzten blinden Enden der Zahnbeinkanälchen verlieren, nachdem sie sich vorher in ein feines Geäst aufgelöst haben. Bei Vorhandensein der Tome'schen Körnerschicht scheinen sich die Enden der Kanälchen in den Interglobularräumen dieser Schicht zu verlieren. Schlingenbildungen sind nach v. Ebner selten, noch seltener Uebergänge von Kanälchen in Knochenkörperchen des Zementes. An der Schmelzdentingrenze hören die Kanälchen nach nicht sehr reicher Verästelung entweder scharf abgeschnitten auf oder setzen sich noch ein Stück weit in den Schmelz hinein fort. Ein großer Teil der Kanälchen zeigt auch büschelförmige Endverzweigungen mit dicht unter dem Schmelz liegenden kolbenförmigen Erweiterungen.

Unter den Autoren, die Untersuchungen auf diesem Gebiet veröffentlichten, ist noch Meyer zu nennen, der im wesentlichen dieselben Verhältnisse beobachtete. Endschlingen, d. h. Anastomosen der Endverzweigungen von Dentinkanälchen, sind nach seinen Wahrnehmungen nicht selten. Außerdem konnte Meyer feststellen, daß eine gewisse Anzahl von Kanälchen mit solchen des Zementes in Verbindung steht, während die große Mehrzahl kurz vor dem Zement glatt abbricht.

Einige Lehrbücher, z. B. Wetzel, bringen den geschilderten Befunden gegenüber auch nichts Neues.

Der erste, der den wellenförmigen Verlauf der Schmelzdentingrenze beobachtete, war v. Ebner. Lediglich wegen der Aehnlichkeit dieser Erscheinungen mit Bildern, wie man sie bei der Resorption von Knochen sieht, schloß er auf Resorptionsvorgänge bei der Schmelz- und Dentinbildung. „Man kann sich des Eindrucks nicht erwehren, daß bei den Menschenzähnen allgemein vor der Schmelzbildung eine Resorption des Zahnbeins erfolgt, durch welche die Enden der Zahnkanälchen arrodiert und bloßgelegt werden."

Später war es Walkhoff, der diesen Gedanken wieder aufnahm. Er ist der Hauptvertreter der Resorptionstheorie. Seine Begründungen sind folgende: Bei Vorhandensein der buchtigen Begrenzung des Dentinkörpers fehlt die Tome'sche Körnerschicht, die in seltenen Fällen auch in der Zahnkrone zu finden ist. Bei der Resorption wurde die Körnerschicht infolge ihrer mangelhaften Verkalkung mitresorbiert. Weiter konstatiert Walkhoff, daß die Enden der Zahnbeinkanälchen zum größten Teil scharf abgeschnitten sind, was nur durch Resorption der feinen Endigungen entstanden sein kann. Ein weiterer Beweis ist das Uebertreten einiger Kanälchen in den Schmelz: kolbenförmige und einfache Fortsätze, was durch eine größere Resistenz des Kanalinhalts der resorbierenden Tätigkeit gegenüber zu erklären ist. „Die mangelhaft verkalkte Grundsubstanz der Tome'schen Körnerschicht begünstigt die Resorption", sagt Walkhoff. „Es ist festgestellt, daß verkalktes Gewebe leichter resorbiert wird als unverkalktes" sagt Orbán dagegen.

Orbàn kommt zu dem Ergebnis, daß die Resorptionstheorie vollständig abzulehnen ist und stellt fest, daß die festonierte Schmelzdentingrenze sich schon in der Anordnung der Ameloblasten bei der ersten Anlage des Zahnes, und zwar schon vor der Bildung von Dentin, zeigt.

Gottlieb bestärkt ihn in dieser Annahme. Dieser schreibt: „Schon vor längerer Zeit hat mich Erdheim auf die Tatsache aufmerksam gemacht, daß die Ameloblasten sich von Hause aus mit halbkugeliger Oberfläche gegen die Pulpa abgrenzen, und daß die festonierte Beschaffenheit der Schmelzdentingrenze darauf zurückzuführen sei."

Meyer ist Vertreter der Resorptionstheorie. Er steht vollständig auf der Seite Walkhoffs, ohne neue Beweise für die Richtigkeit seiner Ansicht zu bringen. Die Resorption wird durch Druckerscheinungen gegen das Schmelzorgan, die sich infolge des Wachstums der Keimpulpa einstellen, ausgelöst. Diese

Druckerscheinungen hält auch Walkhoff für die Ursache der Resorption.

Münch bestätigt die Erfahrungen Orbàns und Gottliebs, daß manchmal in Schnitten von Zahnanlagen vor der Dentinbildung schon halbkugelig angeordnete Schmelzbildungszellen zu sehen sind und führt diese Erscheinung zum Teil auf Raummangel in der Wachstumsperiode, also auf eine Faltung zurück, zum andern Teil erklärt er sie für ein Kunstprodukt, das bei der Herstellung der Präparate, z. B. durch Schrumpfung, entsteht. Münch tritt ebenfalls für die Resorptionstheorie ein. Die Behauptung Orbàns, daß die Ameloblasten und die neugebildete Schmelzgrundsubstanz nicht die Fähigkeit zur Resorption besitzen, wie Walkhoff annimmt, bestreitet er. Das Vorkommen der Tome'schen Körnerschicht in den Zahnkronen von Dasypus novemcinctus, einer Gürteltierart, ist für ihn ein Beweis der Richtigkeit der Resorptionstheorie, da bei dieser Tiergattung ein Schmelzüberzug fehlt.

Im folgenden will ich nun die Ergebnisse meiner eigenen Beobachtungen darlegen. Zur Untersuchung gelangten ausnahmslos entkalkte, nach Schmorl gefärbte Schnitte. Bei der Auswahl der Präparate wurde nur die Güte der Färbung und die Feinheit der Schnitte berücksichtigt, nicht aber die Art der Zähne, die zu ihrer Herstellung dienten, oder die Erkrankung, die die Extraktion zur Folge hatte. Ohne auf eine Beschreibung der einzelnen Präparate einzugehen, werde ich an Hand der Mikroaufnahmen eine Zusammenstellung der Befunde geben.

Zunächst zu der Verschiedenheit der Verzweigungsart der Dentinkanälchen an der Schmelz- und Zementdentingrenze. Die meisten Autoren haben an der Schmelzdentingrenze ein Vorherrschen der gabeligen Teilung der Kanälchen gesehen, während an der Zementdentingrenze eine bäumchenförmige Verzweigung beschrieben wird. Dieses Verhalten konnte ich an den von mir untersuchten Schnitten ebenfalls feststellen.

Nachdem die Kanälchen in einiger Entfernung von der Schmelzdentingrenze eine große Anzahl von kleinen, meist nicht mehr verzweigten, Seitenästchen abgegeben haben, treten sie in eine Zone ein, wo solche Abzweigungen sehr spärlich sind. Kurz vor dem Dentinrand erfolgt dann eine Teilung in meist zwei gleichstarke Aeste. Diese Aeste können die direkten Endstücke bilden oder sich noch beliebig oft spitzwinklig teilen. Die Abb. 1 und 2 lassen diese Verhältnisse gut erkennen. Der erste Tei-

lungspunkt liegt mit ziemlicher Regelmäßigkeit in etwa gleicher Entfernung vom Rande des Dentinkörpers, sodaß man durch die Verbindung dieser Punkte eine Linie erhalten würde, die, mit kleinen Abweichungen, diesem Rand parallel verläuft. Ich erwähne diese Tatsache deshalb, weil sie für die Ausführungen über den welligen Verlauf der Schmelzdentingrenze von Wichtigkeit ist. Die Abb. 3 und 5 zeigen diese Verhältnisse, allerdings nicht ganz mit wünschenswerter Deutlichkeit. In Abb. 5 ist, nebenbei bemerkt, eine außergewöhnlich starke Schlängelung der Kanälchen zu sehen.

Bis jetzt wurden nur die ganz typischen Fälle beschrieben. An anderen Präparaten finden wir die Zahl der Gabelungen der Kanälchen stark vermindert. Ein großer Teil endigt dann direkt am Rande ohne vorherige Teilung. Während bei den geteilten Kanälchen die Endstücke meist in feine Spitzen auslaufen, überwiegt bei den ungeteilt verlaufenden die glatt abschneidende, stumpfe Endigung, doch kommt ebensogut ein spitzes Auslaufen vor. Auch beim Vorhandensein der Gabelung sind abgeschnittene Kanälchen (Abb. 2) und spitz endigende (Abb. 1) nebeneinander zu finden.

Eine Beobachtung scheint mir wichtig: An Zähnen mit stark gewellter Schmelzdentingrenze sind häufig, auch im Bereiche der Buchten, reichliche Teilungen zu sehen, während bei anderen, wo die Schmelzdentingrenze einen glatten Verlauf zeigt, wenige Gabelungen vorhanden sind. Allerdings bilden solche Fälle nicht gerade die Regel, doch kommen sie immerhin nicht selten vor. Weiter ist auffallend, daß die Kanälchen in den Spitzen zwischen den Buchten, die häufig zusammengedrängt sind (Meyer), im allgemeinen wenig Neigung zu Verzweigung zeigen, auch wenn innerhalb der Buchten solche in größerer Zahl vorhanden sind. Wenn dann noch in manchen Fällen die Kanälchen in den Spitzen scharf abgeschnitten sind, während sie in der Tiefe der Buchten spitz auslaufen, so lassen sich diese Tatsachen schwer mit der Resorptionstheorie v. Ebners und Walkhoffs in Einklang bringen.

Deutlich knopf- oder birnförmige Endigungen von Zahnbeinkanälchen, wie sie öfters beschrieben wurden, konnte ich nicht feststellen. In den Schmelz eindringende Kanälchen, die einfachen und kolbenförmigen Fortsätze, sind natürlich in entkalkten Präparaten nicht zu erkennen, da sie wahrscheinlich der Säure zum Opfer fallen, oder umbiegen und abbrechen, sobald der stützende Schmelz verloren geht.

Kanälchen, die an der Schmelzdentingrenze umbiegen und einen, dem bisherigen entgegengesetzten, Verlauf nehmen, wie Walkhoff sie beschrieben hat, konnte ich ebenfalls nirgends finden.

Auch Anastomosen der letzten Verzweigungen, wodurch die sogenannten Endschlingen zustande kommen, scheinen recht selten zu sein. Mir ist es nicht gelungen, eine solche zu entdecken. Wenn diese Endschlingen früher häufig beschrieben wurden, so mögen sie vielleicht größtenteils durch Uebereinanderlagerung zweier Aestchen infolge nicht genügender Feinheit der Schnitte oder schlechtem Auflösungsvermögen der Mikroskope entstanden sein. Etwas anderes ist dies bei den überaus häufigen Seitenästchen, die die Kanälchen hauptsächlich im letzten Drittel ihres Verlaufes abgeben. Bei deren oft außerordentlichem Dichtstand kann es natürlich nicht ausbleiben, daß benachbarte Aestchen öfters ineinander übergehen.

Dies die Zustände an der Schmelzdentingrenze. Die Zementdentingrenze zeigt wesentlich verwickeltere Verhältnisse. Diese sind in der Hauptsache von der Ausbildung der Tome'schen Körnerschicht abhängig. Allgemein kann gesagt werden, daß im Gebiet der Zahnwurzel die bäumchenförmige Endverzeigung vorherrscht, während wir die Verzweigungen an der Schmelzdentingrenze am zutreffendsten mit büschelförmig bezeichnen können. Außerdem ist zu bemerken, daß die Verzweigungen im Wurzelteil reichlicher sind als in der Zahnkrone.

Aus den Abb. 8 und 9 ist zu ersehen, daß das Hauptkanälchen schon in einiger Entfernung von der Tome'schen Körnerschicht (die infolge der Entkalkung sich schlecht abhebt) Zweige abgibt, die sich von den gewöhnlichen Verästelungen durch ihre Stärke unterscheiden. Dieses Verhalten bildet den Unterschied zwischen den Endigungen an der Schmelzdentingrenze, wo die Aufteilung erst ganz kurz vor dem Dentinrand und unter viel spitzerem Winkel vor sich geht. Es ist nun zu beobachten, daß im einen Falle die Kanälchen zum größten Teil an der Tome' schen Körnerschicht abbrechen (Abb. 6), im anderen Falle in großer Zahl noch innerhalb der Schicht zu verfolgen sind (Abb. 9), und wieder in einem andern Falle teils abbrechen, teils hindurchgehen (Abb. 8).

Um den Verlauf der Kanälchen im Bereich der Körnerschicht zu verfolgen, ist es von Vorteil, sich die Entstehung dieser Schicht vor Augen zu halten. Es stehen sich hier zwei Ansich-

ten gegenüber. Beide führen darauf hinaus, daß die Tome'sche Körnerschicht aus unverkalkt gebliebener Substanz besteht. Aber während die alten Autoren eine stellenweise mangelhafte Verkalkung der Dentingrundsubstanz annehmen, die Schicht also mit einer Anhäufung von Interglobularräumen identifizieren, hält neuerdings Weidenreich diese unverkalkten Elemente für Querschnitte durch Fibrillenbündel des Zahnbeins. Nach der Ansicht Weidenreichs unterscheidet sich die äußerste Zone des Dentins, das Manteldentin, genetisch von der Hauptmasse, dem circumpulpären Dentin. Im Manteldentin verlaufen starke Bündel von Fibrillen, die sich nach außen aufsplittern, während das Cirkumpulpärdentin durch die schon lange bekannten von Ebnerschen Fibrillen gekennzeichnet ist. Durch Querschnitte der Faserbündel des Manteldentins entsteht nun eben die Tome'sche Körnerschicht. Eine Erklärung für das Fehlen der Körnerschicht in der Zahnkrone folgt bei der Besprechung der festonierten Schmelzdentingrenze.

Legt man nun zuerst die alte Ansicht zugrunde, daß die Tome'sche Körnerschicht aus einer großen Menge kleinster Interglobularräume besteht, so wäre eigentlich kein Grund für das Abbrechen der Kanälchen vorhanden, nachdem von verschiedener Seite, schon von Walkhoff, Zahnbeinkanälchen, beobachtet wurden, die ihren Verlauf unverändert durch große Interglobularräume nahmen. Daß dies der Fall ist, geht auch daraus hervor, daß in entkalkten Schnitten nirgends Unterbrechungen von Kanälchen vorkommen, die das Vorhandensein eines Interglobularraums anzeigen. Die frühere Annahme, daß die Dentinkanälchen durch Interglobularräume zum Abbrechen gezwungen werden, beruhte auf einer Täuschung. Es wurden nämlich früher fast ausschließlich Zahnschliffe für die Untersuchungen verwendet. Das unverkalkte „Interglobulardentin" (Meyer) hat nun die Eigenschaft, beim Trocknen zu schrumpfen. Es verliert dadurch den Zusammenhang mit der Umgebung und fällt samt dem inliegenden Stück Zahnkanälchen heraus. Diese Tatsache wurde erst später entdeckt, während man früher den so entstandenen luftgefüllten Raum für die Interglobularmasse hielt und daher annehmen mußte, daß die Kanälchen hier endigten.

Anders liegen die Verhältnisse, wenn wir von der Weidenreich'schen Theorie ausgehen. Bei einem Dichtstand der Fibrillenbündel des Manteldentins wären in diesem Falle die Dentinkanälchen gezwungen, sich zwischen diesen hindurchzuwinden

oder schließlich abzubrechen, wenn das Fasernetz zu eng wird. Durch diese Enge würde also gewissermaßen ein Zwang zur Verzweigung ausgeübt. Ließe sich nicht auf diese Weise die reichere Verzweigung an der Zementdentingrenze und deren besondere Form erklären? (s. unten).

Im allgemeinen läßt sich sagen, daß die Zahl der Verzweigungen an der Zementdentingrenze die an der Schmelzgrenze überragt, doch habe ich Fälle gefunden, die gerade das Gegenteil zeigten, wo letztere eine große Menge Teilungen aufwies, während sie an der Zementgrenze spärlich waren. In Abb. 11 kommt dieses Verhalten gut zum Ausdruck. Um die Verschiedenheit der Endigungsweise und den Verlauf innerhalb der Tomeschen Körnerschicht zu demonstrieren, ist es vielleicht gut, an Hand der Aufnahmen vorzugehen. Es kommen in Betracht die Aufnahmen 6—9. Abb. 6 fällt durch die geringe Zahl der Verzweigungen auf. Die Kanälchen brechen zum überwiegenden Teil mit dem Hauptstamm in einiger Entfernung vom Zement glatt ab. Es entsteht so zwischen Dentin und Zement eine Grenzschicht, die wohl meist mit der Tome'schen Körnerschicht zusammenfällt. Bei Abb. 7 haben wir den seltenen Fall, daß fast keine Grenzschicht vorhanden ist; nur der schmale, homogen erscheinende Streifen, der immer zu finden ist, ist auch hier zu sehen. Das Bild weist große Aehnlichkeit mit den Aufnahmen von der Schmelzdentingrenze auf (Abb. 1 u. 2).

Während die beiden letzten Abbildungen atypische Verhältnisse darstellen, zeigen Abb. 8 u. 9 das typische Verhalten. In Abb. 8 ist sehr schön das plötzliche Abbrechen der Kanälchen beim Eindringen in die Körnerschicht, die hier stark mitgefärbt wurde, zu sehen. Innerhalb der Schicht tauchen einzelne Kanalstücke auf, um nach kürzerem oder längerem Verlauf wieder zu verschwinden. Interessant ist das Umbiegen einiger Seitenzweige vor der Körnerschicht.

Ein wirres Durcheinander herrscht in Abb. 9. Die Verzweigungen überkreuzen oft eine ganze Anzahl von Kanälchen. Es ist nicht festzustellen, ob die starke Verzweigungszone schon innerhalb der Körnerschicht liegt, doch ist dies nicht wahrscheinlich, da die Kanälchen erst beim Eintritt in die hellere Grenzschicht Neigung zum Abbrechen zeigen. Innerhin ist es auffallend, daß trotzdem verhältnismäßig viele in diese Schicht eindringen und zum Teil in unmittelbare Nähe des Zements gelangen.

Zusammenfassend ist zu sagen, daß bei starker Ausbildung der Tome'schen Körnerschicht nur einige wenige Kanälchen

durch die ganze Schicht hindurch zu verfolgen sind, während die anderen glatt abbrechen oder sich verlieren. Je schmäler die Grenzschicht wird, desto mehr nähert sich das Bild dem der Schmelzdentingrenze.

Ein Herantreten von Kanälchen bis ans Zement ist öfters festzustellen. Ein Uebergehen in das Zement konnte ich nicht nachweisen. Da die Richtung der Fibrillen des Zementes senkrecht zur Dentinoberfläche verläuft, kann, hauptsächlich bei intensiver Färbung (das Zement wird mit Thionin-Pikrinsäure besonders stark gefärbt) ein solches Uebergehen leicht vorgetäuscht, andererseits aber auch ein tatsächlicher Uebergang verkannt werden. Die häufig beschriebene Verbindung mit Zementkörperchen konnte ich ebenfalls nirgends auffinden. Zementkörperchen kommen nur in der dicken Zementauflage an der Wurzelspitze vor, und in dieser Gegend ist der genaue Verlauf der Dentinkanälchen aus irgend welchen Gründen nicht mehr zu verfolgen.

Knopf- und birnförmige Endigungen scheinen in geringer Anzahl in Abb. 9 vorzuliegen. Nach meiner Ansicht handelt es sich hier aber nur um Teilungspunkte der Aestchen, die infolge des plötzlichen Abbrechens als Verdickungen imponieren.

Anastomosen zwischen Endästchen sind ebenso selten wie an der Schmelzdentingrenze.

Wenn wir nun die Frage aufwerfen, ob es an der Zementgrenze Stellen gibt, wo die Kanalendigungen besonders weit gegen diese vordringen, so können wir leicht feststellen, daß dies am Zahnhalse der Fall ist. Beim Vergleich der Präparate kann man die Beobachtung machen, daß die Grenzschicht gegen das Zement hin in der Gegend des Zahnhalses regelmäßig am schmalsten ist und sich gegen die Wurzelspitze zu stark verbreitert. Die Abb. 6 u. 10 lassen dies einigermaßen erkennen. Die Folge dieser Verbreiterung ist, daß am Zahnhals immerhin eine verhältnismäßig große Zahl von Kanälchen das Zement erreicht, während dies immer seltener der Fall ist, je mehr sich die Beobachtung nach der Wurzelspitze zu erstreckt (s. Abb. 11).

Noch eine weitere Eigentümlichkeit hat die Gegend des Zahnhalses aufzuweisen. An der Mehrzahl der Schnitte ist zu beobachten, daß der letzte Abschnitt der Dentinkanälchen eine Richtungsänderung erfährt, und zwar im Sinne einer S-förmigen Abbiegung nach der Krone hin. Bei ausgeprägten Fällen kommt

so zwischen dem Hauptstamm der Kanälchen und dem Dentinrand ein ziemlich spitzer Winkel zustande. Diese Eigenschaft ist am besten am Zahnhals ausgebildet (Abb. 10 und 11), doch läßt sie sich oft auch an der Schmelzdentingrenze konstatieren. (Abb. 1 und 3).

Für die Entstehungsursache der buchtigen Schmelzdentingrenze gibt es, wie schon oben gesagt, zwei Theorien: Die alte Resorptionstheorie v. Ebners und Walkhoffs und die moderne Theorie Orbans, die die ursprüngliche wellenförmige Anlage der Schmelzdentingrenze vertritt. Die Zahl der Gründe und Gegengründe für die beiden Ansichten ist so groß, daß weit ausgeholt werden muß, um an dieser Stelle den Versuch einer Erklärung machen zu können. Es läßt sich von vornherein sagen, daß beide Theorien, jede allein betrachtet, vieles für sich haben, trotzdem aber an manchen Punkten versagen und nicht alle Widersprüche beseitigen.

Bei der Untersuchung der mir zur Verfügung stehenden Schnitte konnte ich feststellen, daß Buchten an den meisten menschlichen Zähnen vorkommen, wenn auch die Regelmäßigkeit und der Grad der Ausbildung stark wechselt. Eine ganz glatte Schmelzdentingrenze kommt selten vor. Einmal ist nur ein wellenförmiger Verlauf zu sehen, das anderemal reiht sich Bucht an Bucht mit scharf ausgeprägten Zacken dazwischen, sodaß tatsächlich der Eindruck entsteht, als ob die Schmelzoberfläche aus dichtstehenden Kugelschalen bestehe, die sich in das Dentin eindrücken. Am ausgeprägtesten sind die Lakunen an der Spitze bezw. an den Höckern der Krone zu finden (Abb. 4), was auch Walkhoff hervorhebt, während Meyer keine typische Lokalisation anerkennt. Letzterer hält die Bogen für eine sinnvolle Einrichtung der Natur, die dadurch eine möglichst innige Verbindung von Dentin und Schmelz, gewissermaßen eine Verzapfung, erreicht. Meyer war es auch, der die Entdeckung machte, daß die Kanälchen in den Spitzen zwischen den Buchten zusammengedrängt sind, was ich nach meinen Befunden bestätigen kann. Er stellte weiter fest, daß eben diese Kanälchen in feinste Spitzen auslaufen, eine Beobachtung, die ich durchaus nicht immer machen konnte. Die Aufnahme, mit der Meyer diese Behauptung belegt, zeigt tatsächlich dieses Verhalten, sie zeigt aber weiter, daß auch die Kanälchen am Grunde der Buchten nach vorhergegangener reichlicher Gabelung mit feinen Spitzen endigen. Weiter konnte ich bemerken, daß Kanälchen zwischen den Bogen im allgemeinen weniger Neigung zu Verzwei-

gung zeigen, als die am Grunde. Die kolbenförmigen und einfachen Fortsätze der Dentinkanälchen im Schmelz sollen mit Vorliebe von diesen Vorsprüngen ausgehen. An den, von mir untersuchten, entkalkten Schnitten, konnte ich natürlich diese Angaben nicht nachprüfen. Aber dies konnte ich feststellen, daß die feinen Endigungen der Kanälchen und reichliche Verzweigungen oft gleichzeitig mit einer buchtigen Schmelzdentingrenze vorhanden waren (Abb. 3), ein anderesmal aber an glattem Rand abgeschnittene Kanälchen und wenige Teilungen vorlagen.

Um zu einem, alle Für und Wider der einzelnen Autoren berücksichtigenden Schluß zu gelangen, ist es notwendig, diese genau kennen zu lernen. Wie schon oben dargelegt, hält Walkhoff das Fehlen der Tome'schen Körnerschicht in der Zahnkrone und das plötzliche Abbrechen der Zahnkanälchen an der Schmelzdentingrenze, sowie das Uebertreten der kolbenförmigen Fortsätze in den Schmelz für die wichtigsten Stützen der Resorptionstheorie. Er konnte in ganz jungen Zahnanlagen die erste Bildung von Dentin beobachten, zu einer Zeit, wo noch kein Schmelz abgeschieden war. Die neugebildete, noch unverkalkte Dentingrundsubstanz lag hier direkt der glatt verlaufenden Ameloblastenreihe an. Bei etwas älteren Zähnen entdeckte er in der eben verkalkten Grundsubstanz Drucklinien, die nach seiner Ansicht die nun bald einsetzende Resorption ankündigten. Resorbierende Organe sind die Schmelzzellen und nach Beginn der Schmelzabscheidung die junge Schmelzgrundsubstanz. Als Ursache der Resorption sind also Druckerscheinungen anzusehen, die ihren Ursprung in dem Vordringen der Zahnpapille gegen das Schmelzorgan und dadurch entstehenden Raummangel haben. Daß tatsächlich ein Druck vorhanden ist, geht nach Walkhoff außerdem daraus hervor, daß die kolbenförmigen Fortsätze der Dentinkanälchen im Schmelz häufig an der Uebergangsstelle eine Umbiegung erfahren und daher schräg nach der Wurzel hinneigen. Diese Abknickung ist durch ein Hineinkeilen der Keimpulpa mit dem Dentinkeim in die Schmelzglocke zu erklären, wobei eine Verschiebung der beiden Teile stattfindet. Auch die Annahme einer Faltung lehnt Walkhoff, wenigstens als begünstigenden Faktor für die Entstehung der Bogenlinie, nicht ab. Daß das Vorhandensein einer wellenförmigen Schmelzdentingrenze nicht unbedingt das Vorhandensein von glatt abgeschnittenen Kanälchen voraussetzt, habe ich gezeigt. Schon Orbán, der die Auffassung vertritt, daß die Schmelzdentingrenze schon von Hause aus bogenförmig angelegt wird, weist

darauf hin. Er geht dabei von einer Abbildung Meyers aus, an deren Hand dieser sein Festhalten an der Resorptionstheorie begründet. An derselben Aufnahme hat Orbán noch eine Tatsache von großer Bedeutung für das Folgende festgestellt: Die Verbindungslinie der Gabelungspunkte der Dentinkanälchen, von der ich schon oben gesprochen habe, folgt hier mit großer Genauigkeit dem wellenförmigen Verlauf der Schmelzdentingrenze. Mit Recht frägt nun Orbán, wie diese Tatsache sich mit einer vorhergegangenen Resorption in Einklang bringen ließe. Es wäre dann eher anzunehmen, daß die Teilungsstellen der Kanälchen noch innerhalb des resorbierten Dentinstreifens liegen, also fortfallen würden. Wie steht es nun mit dem Fehlen der Tome'schen Körnerschicht in der Krone? Die schmelzlosen Zähne des Dasypus novemcinctus weisen eine solche auch im Kronenteil auf. Dies wäre allerdings ein schlagender Beweis für die Richtigkeit der Resorptionstheorie, doch Orbán findet auch aus diesen Schwierigkeiten einen Ausweg. Er bestreitet zum ersten von vornherein, daß die Ameloblasten und vollends die Schmelzgrundsubstanz die Fähigkeit besitzen, Gewebe zu resorbieren, ohne diese Behauptung aber beweisen zu können. Weiter stellt er in Frage, ob die Linien, die Walkhoff gesehen hat, tatsächlich Drucklinien waren. Walkhoff nimmt an, daß die Resorption durch die mangelhafte Verkalkung der Tome'schen Körnerschicht begünstigt wird. Orbán beruft sich auf die Arbeiten Kronfelds, der bei der Untersuchung von Resorptionsbildern beim Zahnwechsel die Entdeckung machte, daß verkalktes Gewebe leichter resorbiert wird als unverkaltes. Wie wäre dann weiter zu erklären, daß die Tome'schen Körnerschicht in der Wurzel nicht der Resorption anheimfällt? Die zukünftige Zahnwurzel ist doch von dem Zahnsäckchen eingehüllt, aus dem später das Zement und die Wurzelhaut hervorgeht. Dieses Zahnsäckchen besteht aus Bindegewebe, das einen ziemlich regen Stoffwechsel besitzt. Es wäre nun, meint Orbán, anzunehmen, daß ein solches Gewebe weit eher resorptive Eigenschaften hat als ein Gebilde epithelialen Charakters, wie es das Schmelzorgan darstellt, oder als die Grundsubstanz des Schmelzes. Aus diesem Schlusse kommt Orbán zu der Auffassung, daß, wenn überhaupt eine Resorption stattfindet, diese genau so in der Wurzel stattfinden müßte wie in der Krone, somit also in der Wurzel auch die Körnerschicht fehlen müßte. Gegen die Resorption spricht ferner (nach Orbán) der Umstand, daß die Kanälchen in den Spitzen zwischen den Buchten zusammengedrängt sind.

Meyer, der Entdecker dieser Tatsache, nimmt für das Zustandekommen dieses gedrängten Verlaufes Druckerscheinungen an. Er stellt sich dies so vor: Die Ameloblasten dringen während ihrer Resorptionstätigkeit in halbkugeliger Anordnung gegen das Dentin vor. Durch den vom Zentrum ausgehenden Wachstumsdruck der Keimpulpa wird nun die Dentingrundsubstanz in die Lücken zwischen den Halbkugeln hineingepreßt. An den schrägen Flächen der Halbkugeln entsteht so eine Keilwirkung, die sich in einem Zusammendrängen der Kanälchen auswirkt. Diese Begründung ist sehr einleuchtend, doch stellt sich Orbán ihr mit dem Einwand gegenüber, daß bei einem Druck der Ameloblastenreihe gegen die Dentingrundsubstanz eher die erstere ausweichen würde als das viel kompaktere junge Dentin. Die Sache verhält sich vielmehr so, daß die Ameloblasten schon von vornherein ihre Fortsätze zwischen die vorgebildeten Buchten hineinschieben, wobei der Platzmangel einen divergierenden Verlauf zustandekommen läßt.

Orbán beweist mittels ausgezeichneter Aufnahmen, daß die Schmelzbildungszellen schon von Anfang an die festonierte Anordnung einnehmen. Wie begründet er nun aber das Vorhandensein der Körnerschicht in der Wurzel und ihr Fehlen im Kronenteil menschlicher Zähne? Auch dafür gibt er ausreichende Gründe an. Er konnte durch Untersuchungen an Rattenzähnen, die starke Verkalkungsstörungen zeigten, nachweisen, daß an Stellen, wo auch nur ein kleines Tröpfchen normal verkalkten Schmelzes sich gebildet hatte, das darunterliegende Dentin ebenfalls gute Verkalkung aufwies, wenn es auch in der Umgebung minderwertig war. Diese Erfahrungen bestätigte Bencze durch Untersuchungen an menchlichen Zähnen, und zwar gelten diese Regeln nach Bencze nicht nur für die Schmelzdentingrenze, sondern, mit entsprechender Uebertragung auf's Zement, auch für das von diesem bedeckte Dentin. Die hellen Stellen in Abb. 12, direkt unter der groben Unregelmäßigkeit rühren wahrscheinlich von Verkalkungsstörungen her, die sich vielleicht auf dieselbe Weise deuten lassen.

Aus diesen Erfahrungen heraus hat Orbán den Satz aufgestellt: Kalkablagerung geht am besten an solchen Stellen vor sich, wo der Stoffwechsel darniederliegt! Diese Bedingung trifft für den Kronenteil der Zähne zu, weil zu der Zeit, wo die Verkalkung einsetzt, bereits die Abscheidung von Schmelzgrundsubstanz beginnt, sodaß also auf der dentinogenen Schicht ein

stoffwechselarmes Gebilde liegt, das die regelmäßige Verkalkung begünstigt. An der Zementdentingrenze ist zur Zeit der beginnenden Dentinverkalkung das Zement noch gar nicht gebildet. Das Dentin wird noch von einem verhältnismäßig stark aktiven Gewebe, dem Zahnsäckchen, bedeckt, was nach der Ansicht Orbâns die Verkalkung behindert. Mit dem Einsetzen der Zementverkalkung wird auch die des Dentins gleichmäßiger; die vorher gebildete Schicht tritt dann am fertigen Zahl als Tome'sche Körnerschicht in Erscheinung. Ein nachträgliches Verkalken kann nur innerhalb sehr großer Zeiträume erfolgen, doch ist es immerhin beobachtet.

Auch wenn wir die Weidenreich'sche Theorie über die Entstehung der Tome'schen Körnerschicht durch Querschnitte von Fibrillenbündeln zugrunde legen, kommen wir durch denselben Gedankengang zu diesem Ergebnis. Weidenreich selbst hat über diesen Punkt nichts ausgesagt, doch erwähnt er an einer Stelle, daß die geringe Sichtbarkeit der Zahnbeinfibrillen in der Krone durch Verkalkungsvorgänge bedingt sei. Auch von anderer Seite ist festgestellt worden, daß die Fibrillen im Alter verkalken können, wie dies auch von den Interglobularräumen bekannt ist, deren Zahl in alten Zähnen geringer ist als in jungen. Orbán nimmt nun an, daß die Fibrillenbündel des Manteldentins in der Krone im Anschluß an die Schmelzabscheidung, gefördert durch die günstigen Bedingungen, schon in frühester Zeit verkalken, so daß sie im fertigen Zahnbein nicht mehr zu erkennen sind.

Es bleibt jetzt noch eine Aufklärung über die Entstehung der kolbenförmigen Fortsätze. Orbán stützt sich auf die Ergebnisse Lams's, der nachweisen konnte, daß sich schon vor der Schmelzabscheidung durch die Ameloblasten einzelne Dentinkanälchen zwischen diesen Zellen hindurchzwängen und dahinter mit einer kolbenförmigen Erweiterung endigen. Nach dieser Feststellung besteht für Orbán kein Grund mehr, eine Resorption anzunehmen. Darauf, daß die Dentinkanälchen tatsächlich oft glatt abgeschnitten sind, geht er nicht ein.

Münch, der die letzte Arbeit über dieses Gebiet schrieb, lehnt sämtliche Argumente Orbâns ab, indem er die festonierte Schmelzdentingrenze an dessen Aufnahmen von Zahnkeimen als durch Schrumpfung der Präparate entstanden erklärt und so die Theorie ihrer Grundlage beraubt. Münch's schlagendster Beweis für die Richtigkeit der Resorptionstheorie, das

Vorhandensein der Tome'schen Körnerschicht in den schmelzlosen Zähnen von Dassipus novemcinctus, läßt sich nach den Erfahrungen Orbán s und Benczes, wonach die Verkalkung des Dentins von der Ausbildung des Schmelzes abhängig ist, auch widerlegen.

Es ist nun sehr schwer, bei der großen Menge von Material zu einer Entscheidung zu gelangen, die allen Anforderungen gerecht wird. Jm Ganzen habe ich den Eindruck, als ob sich mit der Orbán'schen Theorie einige Punkte erklären ließen, die nach der Resorptionstheorie noch unklar bleiben. Ich denke hier z. B. an die Tatsache, daß die Teilungslinie der Zahnkanälchen dem festonierten Verlauf der Schmelzdentingrenze folgt (s. oben). Andererseits gibt die Theorie Orbáns keinen Aufschluß über die Ursache des glatten Abbrechens der Kanälchen am Dentinrand. Das Vorhandensein von Druckerscheinungen in der Entwicklungsperiode ist ferner so wahrscheinlich, daß nicht ohne weiteres darüber hinweggegangen werden darf. Die Drucklinien, die Walkhoff gesehen hat, wurden zwar von keinem späteren Autor mehr beschrieben und als solche erkannt, doch ließen sich für derartige Erscheinungen wohl keine besseren Erklärungen finden. Auch die Abknickung der kolbenförmigen Fortsätze läßt unbedingt auf eine, durch Druck hervorgerufene Verschiebung des Schmelzorgans gegen den Dentinkörper schließen.

Es ist ja eine altbekannte Tatsache, daß im Körper, hauptsächlich an den Hartgeweben, durch lange anhaltenden Druck Resorptionserscheinungen ausgelöst werden. Man denke nur an den Alveolenknochen orthodontisch bewegter Zähne, wenn mit zu großen Kräften gearbeitet wird, oder von Zähnen, die als Brückenpfeiler einseitig belastet werden. Ob nun allerdings in unserem Falle gerade die Ameloblasten oder gar die Schmelzgrundsubstanz solche Fähigkeiten besitzen, wird sich kaum nachweisen lassen. Vorläufig ist man noch gezwungen, aus den vollendeten Tatsachen darauf zu schließen. Auf jeden Fall ist über die Annahme einer Resorption in anbetracht der Tatsache, daß die Dentinkanälchen manchmal scharf abgeschnitten sind, nicht hinwegzukommen.

Ein Weg, der allen Ansprüchen gerecht wird, ist nach meiner Ansicht folgender:

Druckerscheinungen innerhalb des Zahnkeimes sind als sicher anzunehmen. Inwieweit sie eine direkte Bedeutung für

das Zustandekommen der festonierten Schmelzdentingrenze besitzen, ist nicht zu entscheiden. Es kann sich nur um einen mechanischen Einfluß, also etwa eine Faltung, handeln. Eine Resorption der äußersten Dentinschicht findet, wenn auch nicht regelmäßig, statt, doch ist der buchtige Verlauf der Dentinschmelzgrenze schon vor deren Einsetzen gebildet. Als ausführende Organe der Resorption kommen nur die Ameloblasten in Frage.

Begründung: Um mit dem letzten Punkt zu beginnen: Die Erfahrung, daß die Dentinkanälchen bei einem Teil der Zähne scharf abgeschnitten sind, bei anderen spitz auslaufen, macht es notwendig, im ersten Fall eine vorausgegangene Resorption anzunehmen. Im zweiten Falle ist diese Annahme überflüssig, daher kann gesagt werden, daß die Resorption nicht immer stattfindet. Es ist sehr wahrscheinlich, daß der Wachstumsdruck der Keimpulpa diese Resorption auslöst. Solange nichts anderes nachgewiesen wird, müssen die Schmelzbildungszellen als resorptive Organe gelten. Die Buchten können nicht durch Resorption entstanden sein, denn dann dürfte es nicht vorkommen, daß am Grunde von solchen Buchten Teilungen von Kanälchen vorhanden sind, während sie in den dazwischen liegenden Spitzen fehlen. Das Umgekehrte wäre eher anzunehmen. Die Resorption geschieht vielmehr gleichmäßig, wie es ja auch der regelmäßigen Anordnung der Ameloblasten entspricht. Würden die Buchten durch resorptive Tätigkeit entstehen, so könnten ja immer nur einzelne Schmelzzellen diese ausführen, während die anderen, die den Spitzen zwischen den Bogen gegenüberliegen, keine solche Funktion auszuführen hätten. Da wir die Ameloblasten immer in sehr regelmäßiger Ausbildung und gleicher Größe, dicht aneinanderstehend, vorfinden, ist diese Möglichkeit nicht wahrscheinlich, vielmehr schreitet die Resorption ganz gleichmäßig fort, sodaß an der ganzen Oberfläche der Krone eine gleichmäßig starke Schicht weggeschafft wird, bei Erhaltung der vorher vorhandenen äußeren Form. Höchstens gewisse Ausgleichsbestrebungen, durch Resorption und Druckerscheinungen gemeinsam herbeigeführt, die dieser äußeren Form eine scharf ausgeprägte Abgrenzung verleihen, sind anzunehmen. Wie dieser festonierte Verlauf zustande kommt, ob schon von Haus aus angelegt, oder erst später durch Faltung gebildet, läßt sich nicht entscheiden.

Die Entstehung der kolbenförmigen Fortsätze wird durch die Untersuchungen Lams's hinreichend erklärt. Wie schon

dargelegt, konnte Lams an Präparaten von den ersten Entwicklungsstadien des Dentins Kanälchen beobachten, die zwischen den Ameloblasten durchdrangen und mit einer Verdickung endigten.

Die Breite der resorbierten Schicht wechselt stark, das einemal werden eben die äußersten Spitzen der Zahnkanälchen noch erfaßt, ohne daß die Verzweigungspunkte berührt werden (Abb. 2), das anderemal verschwinden auch noch die Teilungspunkte, sodaß die Kanälchen mit dem Hauptstamm abbrechen. Letzterer Fall kommt allerdings selten vor. Die resorbierte Schicht ist dann schon sehr dick. Angenommen, die Auffassung wäre richtig, daß die Tome'sche Körnerschicht ursprünglich auch in der Zahnkrone vorhanden ist, so müßte diese die gleiche Mächtigkeit besitzen, wie wir sie später noch in der Wurzel vorfinden. Daß aber eine solch breite Schicht in verhältnismäßig kurzer Zeit resorbiert werden kann, erscheint mir ausgeschlossen. Nach meiner Ansicht hat die Annahme Orbáns, daß die Körnerschicht, ob sie nun aus Interglobularräumen oder aus Fibrillenbündeln besteht, verkalken kann, mehr Wahrscheinlichkeit für sich. Die auffallende Aehnlichkeit der Abb. 1 u. 7 scheint mir auch für diese Auffassung zu sprechen. Eine Resorption kann hier nicht stattgefunden haben, da die Kanälchen deutlich in feine Spitzen auslaufen. In dem Fall von Abb. 7 ist, vermutlich durch eine sehr frühzeitige Ausbildung des Zements, das Auftreten der Tome'schen Körnerschicht verhindert worden, da die Verkalkung rasch einsetzte. Diese Verhältnisse lassen sich m. E. direkt auf die Schmelzdentingrenze übertragen. Daher kommt es auch, daß in Abb. 7 fast nur Teilungen gleich denen an der Schmelzdentingrenze und keine bäumchenförmigen Verästelungen vorkommen.

Ich habe bei der Beschreibung des Durchgangs der Dentinkanälchen durch die Tome'sche Körnerschicht die Andeutung gemacht, daß die reichere Verästelung an der Zementdentingrenze auf die Anordnung der Fibrillenbündel des Manteldentins zurückzuführen sei. Ich will nun noch versuchen, eine Begründung für diese Auffassung zu geben: Die Fibrillenbündel des Manteldentins stehen in der Nähe des Zementes sehr dicht, sodaß die Odontoblastenfortsätze keine Gelegenheit zur Verzweigung haben. Gegen die Pulpa zu nimmt die Zahl der Fibrillenbündel immer mehr ab, sodaß zwischen ihnen größere, mit Dentingrundsubstanz gefüllte Lücken entstehen. Diese Grund-

substanz verkalkt aus den oben angeführten Gründen sehr langsam, sodaß die Odontoblastenfortsätze die Möglichkeit haben, Aeste in die verhältnismäßig weiche Masse zu senden. Anders an der Schmelzdentingrenze. Hier besteht eine kleine Zeitdifferenz zwischen der Abscheidung von dentinogener Substanz und Schmelzgrundsubstanz. Während dieser kurzen Zeit teilen sich die Fortsätze der Dentinzellen, danach schreitet die Verkalkung, gefördert durch die Schmelzauflage, sehr rasch fort, sodaß die eben erst gebildete Grundsubstanz sofort verkalkt. Auf diese Weise entsteht die geschilderte sehr verzweigungsarme Zone. Erst wenn der Einfluß des Schmelzes auf die Verkalkung des Dentins nachläßt, so daß diese etwas langsamer vor sich geht, treten auch wieder die kleinen Verästelungen auf, die bis zur Pulpa hin im ganzen Verlauf der Kanälchen zu verfolgen sind.

Zusammenfassung.

Die Dentinkanälchen endigen an der Schmelzdentingrenze und an der Zementdentingrenze in verschiedener Weise. An ersterer herrscht die büschelförmige Aufteilung vor, während an letzterer die bäumchenförmige Verzweigung typisch ist, doch kommt es auch vor, daß die Kanälchen an der Schmelz-, seltener an der Zementgrenze, ohne vorhergegangene Gabelung glatt abgeschnitten aufhören. Die Zahl der Verzweigungen ist an der letzteren im allgemeinen größer als an der ersteren. Für diese Verschiedenheit in der Endigungsart sind zeitliche Unterschiede bei der Verkalkung des Dentins verantwortlich zu machen. Die durch diese Zeitunterschiede entstandene Tome'sche Körnerschicht ist maßgebend für das Verhalten der Endigungen in der Wurzel. Einzelne Zahnkanälchen erreichen das Zement. Am häufigsten ist dies in der Zahnhalsgegend der Fall. Ein Uebergehen in das Zement ist nicht zu erkennen. Die Kanälchen laufen in der Regel in feinste Spitzen aus. Kolbenförmige Endigungen innerhalb der Schmelzdentingrenze sind nicht anzunehmen. In der Krone ist häufig zu beobachten, daß die Dentinkanälchen abgeschnitten erscheinen. Dieses Verhalten ist auf eine, in der Entwicklungsperiode des Zahnes stattgehabte Resorption zurückzuführen, doch nicht an das Vorhandensein einer festonierten Schmelzdentingrenze gebunden. Die Resorption wird wahrscheinlich durch Druckerscheinungen innerhalb des Zahnkeimes ausgelöst. Sie findet nicht in jedem Falle statt. Ausübende Resorptionsorgane sind die Ameloblasten.

Am Dentinrand, hauptsächlich am Zahnhals, zeigen die Kanälchen eine S-förmige Abbiegung nach der Krone hin.

Der wellenförmige Verlauf der Schmelzdentingrenze ist nicht regelmäßig zu finden. Am deutlichsten sind die Buchten an der Spitze bezw. den Höckern der Krone ausgebildet. Die festonierte Schmelzdentingrenze ist von vornherein in dieser Form angelegt, eine Resorption von Dentingrundsubstanz hat auf ihr Entstehen keinen Einfluß.

Zum Schlusse meiner Ausführungen ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Professor Dr. Wannenmacher für die Ueberlassung des Themas und der Schnitte, die Anfertigung der Mikrophotographien und die gütige Unterstützung bei der Arbeit meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Literaturangaben.

Bencze: Befunde an der Dentinzementgrenze. Zeitschr. f. Stomatologie, 1927, S. 887.

v. Ebner: In Scheffs Handb. d. Zahnheilkunde, Bd. 1, S. 456.

Gottlieb: Schmelzhypoplasie u. Rachitis. Wiener Vj.Schr. f. Zahnheilkunde, 1920, S. 71.

Hoehl: Beitrag zur Histologie der Pulpa und des Dentins. Arch. f. Anatomie und Entw. 1896, S. 47.

Kronfeld: Spielt die Qualität der Hartsubstanzen bei der Resorption eine Rolle? Zeitschr. f. Stomatologie. 1927, S. 1099.

Lekowsky: Beitrag zur Histologie des Dentins. Anatom. Anz. 1891, S. 274.

Meyer, Im Handwörterbuch der ges. Zahnheilkunde, Bd. 1, S. 456.

Meyer: Strittige Fragen über die Histologie d. Zahnschmelzes. Vj.Schr. f. Zahnheilkunde. 1925, S. 333.

Münch: Die Zähne vom Dasipus novemcinctus nebst Bemerkungen zur Schmelzdentingrenze ... Deutsche Mts.Schr. f. Zahnheilk. 1927, S. 228.

Orbán: Fortschritte der Zahnheilkunde, Bd. IV, S. 802.

Orbán: Zur Histologie des Schmelzes und der Schmelzdentingrenze. Vj.Schr. f. Zahnheilk., 1926, S. 336.

Toldt: Lehrb. d. Gewebelehre, 1888.

Waldeyer: In Strickers Handb. d. Lehre von den Geweben. Leipzig 1871.

Walkhoff: Normale Histologie. 1901.

Weidenreich: Ueber den Bau und die Entwicklung des Zahnbeins in der Reihe der Wirbeltiere. Zeitschr. f. Anatomie u. Entw. 1925, S. 218.

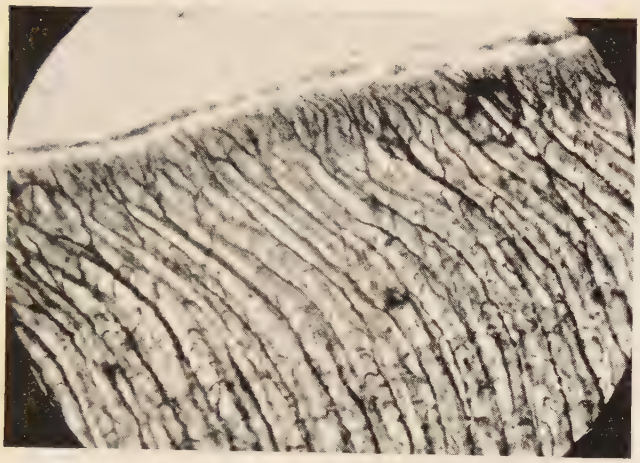

Abb. 1

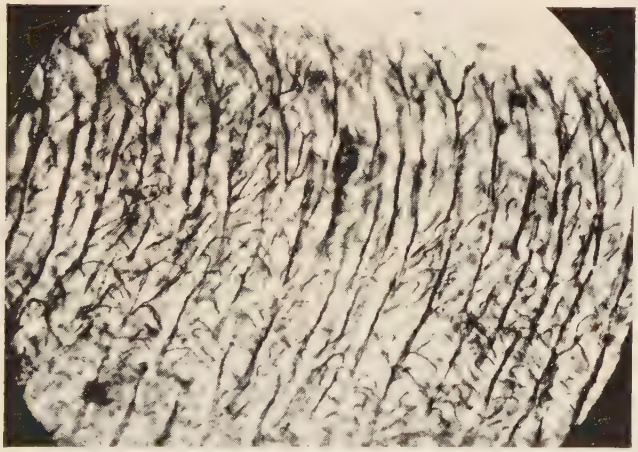

Abb. 2

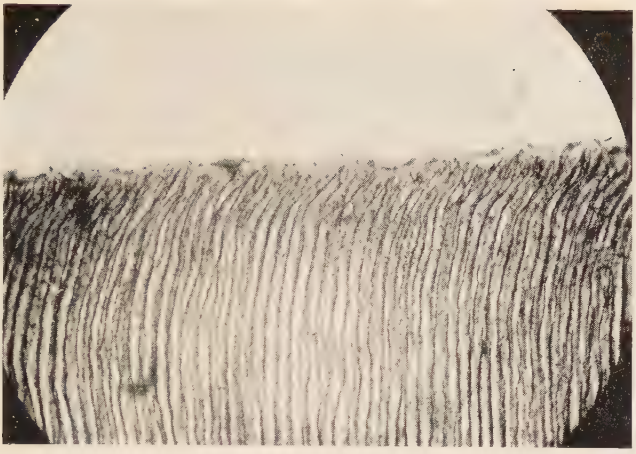

Abb. 3

Abb. 4

Abb. 5

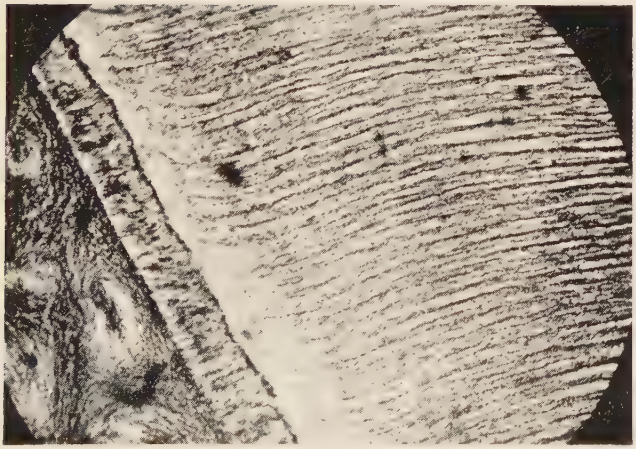

Abb. 6

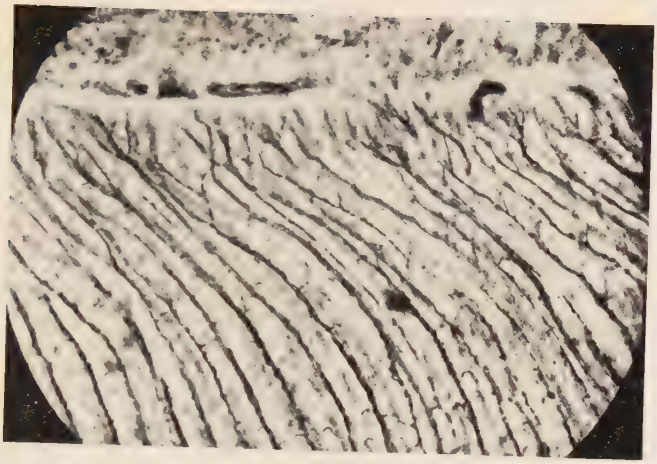

Abb. 7

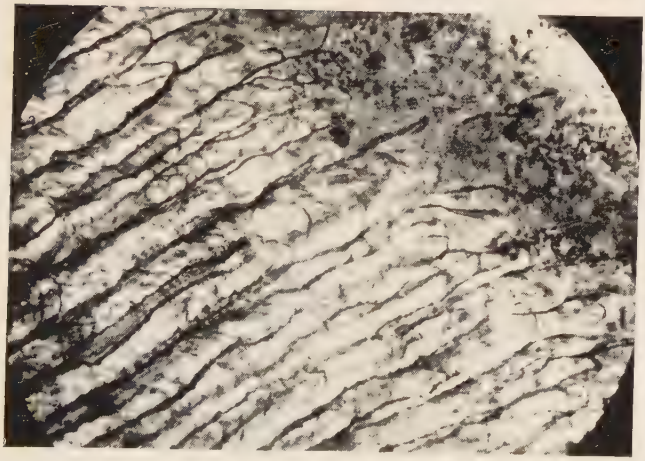

Abb. 8

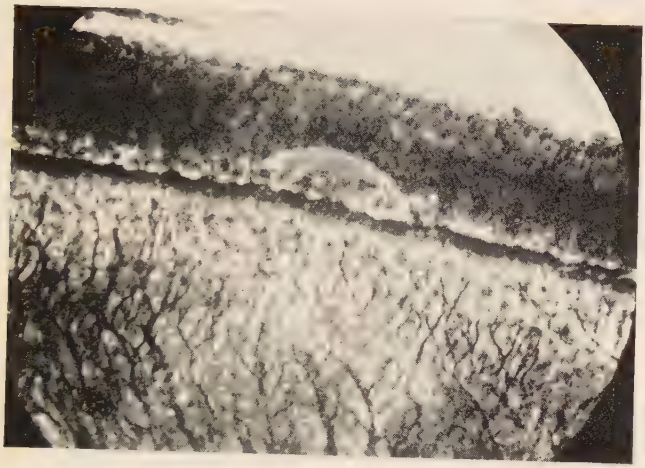

Abb. 9

Abb 10.

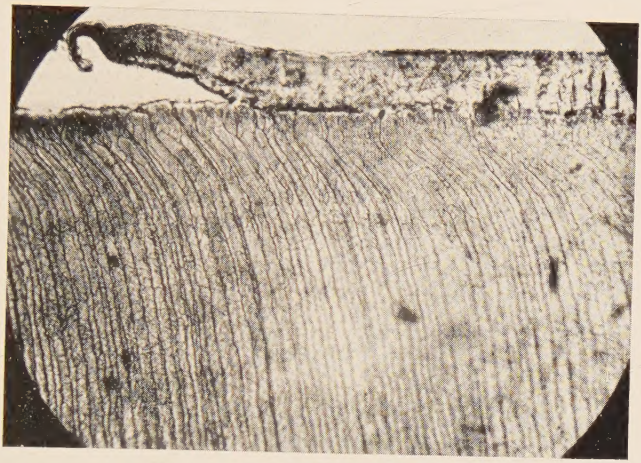

Abb. 11

Abb. 12

Lebenslauf.

Am 22. März 1910 wurde ich, Karl Graze, Sohn des Christian Graze, Fabrikant, in Endersbach geboren. Nach zweijährigem Besuch der dortigen Volksschule trat ich in die Oberrealschule Cannstatt ein, wo ich im März 1928 die Reifeprüfung ablegte. Vom Sommersemester 1928 bis Sommersemester 1930 studierte ich an der Universität München Zahnheilkunde. Die zahnärztliche Vorprüfung legte ich daselbst im Wintersemester 1929/30 ab. Vom Wintersemester 1930/31 bis Sommersemester 1931 studierte ich in Tübingen, wo ich am 31. Oktober 1931 die zahnärztliche Approbation erhielt.